

氏 名	おおひら ちえこ 大 平 智 恵 子
学 位 の 種 類	博士（農学）
学 位 記 番 号	甲第315号
学位授与年月日	平成16年 3月12日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学 位 論 文 題 目	製材廃材の有効利用に関する研究 —スギのこ屑のボード化及びその性能—
学位論文審査委員	（主査） 作 野 友 康 （副査） 古 川 郁 夫      田 中 千 秋      藤 井 禧 雄 西 野 吉 彦

## 学 位 論 文 の 内 容 の 要 旨

製材工場におけるのこ屑の排出量は、取り扱う樹種により若干異なるものの、ほぼ原木消費量の8.6～9.2%と報告されている。鳥取県では、その多くがスギ、ヒノキなどの国産材製材工場から排出され、大部分が家畜敷料、燃料、堆肥用などごく低価格で取り引きされ、利用されている。これらののこ屑の付加価値を一層高くして利用することができれば、国産材のより有効な利用に繋がると考えられ、その利用方法について検討することが必要である。近年、建築基準法の改正や住宅の品質確保の促進等に関する法律の制定により、性能を明らかにできれば、新たに開発された材料であっても建築用資材として利用されやすくなっている。そこで、のこ屑を活用した新たな資材開発が実現すれば、のこ屑の付加価値の高い有効利用の可能性が広がるものと期待できる。

のこ屑は、それぞれが不定形の小粒でかさ高であることなどから、比較的取り扱いにくい材料である。しかしながら、これらの特徴を生かした新たな機能を発揮させて、より付加価値の高い資材にする技術の一つとして、木粉と熱可塑性樹脂とを混練した複合材料の開発が検討されており、すでに実用化されているものもある。この場合、木粉は増量を主目的とする充填材として用いられ、混練時に樹脂中での均一な分散を図るためには、100メッシュを通過する微粒粉が適しているとされてきた。ところが、のこ屑には小木片から微粒粉まで様々な大きさの粒子が含まれるため、100メッシュを通過する微粒粉のみを利用する場合には利用効率が低くなる。ある程度大きな粒度の木粉との混練が可能となれば、この分野に関して、のこ屑の利用が促進されるものと考えられる。

本研究では、1. 製材工場で排出される未利用残材、2. スギの製材で排出されるのこ屑の特性、3. 小粒度のこ屑とプラスチックとの混練による複合ボード化、4. 粗粒度のこ屑のボード化、5. 総合的考察—のこ屑をエレメントとするボードの利用技術の展望—、の5章からなりたっており、各章の要約は以下のとおりである。

### 1. 製材工場で排出される未利用残材

製材を行い、得られたのこ屑の割合から製材工場より排出されるのこ屑量を推定した。

### (1) 製材により得られた未利用残材の割合

木材市場より任意に購入したスギ原木丸太より、正角(125mm×125mm)、平角(155mm×125mm)、板(210mm×40mm)を採取した。

原木丸太重量に製材品、樹皮、背板、のこ屑が占める割合の平均値は、重量割合の場合、背板が 49.9%と最も高く、ついで製材品が 40.2%、樹皮 7.7%のこ屑は 2.2%であった。それに対して、体積割合をみると、製材品の占める割合が 47.1%と最も高く、次いで背板が 42.7%、樹皮が 8.2%、のこ屑が 1.9%を占めた。

### (2) 鳥取県内で排出される樹皮、のこ屑量の推定とボード製造の可能性

鳥取県内の製材工場から排出される樹皮は国産材で 6 千 m<sup>3</sup>、外国産材では 8 千 m<sup>3</sup>、のこ屑は国産材、外国産材とも 2 千 m<sup>3</sup>得られることが明らかとなった。

国産材から生産されるのこ屑から厚さ 10mm、密度 0.9g/cm<sup>3</sup>の木質ボードを製造すると約 6 3,0 0 0 m<sup>3</sup>のボードの製造が可能となる。混練割合 5 0 %の混練ボードは 1 2 6, 0 0 0 m<sup>3</sup>の製造が可能となる。これを 91cm×180cm の大きさに換算すると約 3 万 8 千枚、混練ボードの場合、7 万 6 千枚の原料となりうる。

## 2. スギの製材で排出されるのこ屑の特性

製材工場から得られたのこ屑をふるいにかけて粒度の分布と各粒度ごとの形状・嵩密度について検討した。

### (1) 製材工場から排出されるのこ屑の粒度分布

分粒の対象とした 16 メッシュを通過したのこ屑は、全試料の約 80%であった。粒度分布は、スギ木粉とスギ・ヒノキ混合木粉でやや異なった傾向を示し、スギ・ヒノキ混合木粉では、スギ木粉に比べて 100 メッシュを通過する微粒度の木粉割合が低かった。

粒度区分された各粒度における辺長のモード及び平均値は、短辺長ではふるい目開きとほぼ同じであったが、長辺長ではふるい目開きの 1.5 から 3.0 倍であった。スギ木粉では、いずれの粒度区分においても長短度はほぼ 2.0 であったが、スギ・ヒノキ混合木粉では、粒度 300 までの細かい木粉で、粒度が小さくなるに従い長短度は大きくなった。

### (2) のこ屑の形状と嵩密度

かさ密度は、いずれの場合も粒度が細くなるにつれて増大し、粒度 150(50 メッシュパス、100 メッシュオン)で最大値を示した。

## 3. 小粒度のこ屑とプラスチックとの混練による複合ボード化

ポリプロピレン (PP) とスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) のこ屑混練複合材料の密度と引張及び曲げ強さに及ぼす、木粉の粒度及び混合割合の影響について検討した。混練複合材料の充填材としてスギのこ屑を木粉粒度 P150 (100 メッシュパス) から 850 (16 メッシュパス、18 メッシュオン) の 6 段階に選別して無処理のまま用いた。

### (1) のこ屑の粒度が混練複合ボードの密度に与える影響

細かいのこ屑を用いるほど製造された混練複合ボードの密度は高くなった。最も細かい木粉 (P150) では 0.995g/cm<sup>3</sup>、最も粗い木粉 (850) では 0.954g/cm<sup>3</sup>となった。

PP と木粉を等重量混合し、全ての空隙が PP で充填された場合の推定密度は 1.125g/cm<sup>3</sup>と計算される。しかし、製造した混練複合ボードの密度は、いずれの粒度においても推定密度に比べて低い値となった。このことから、木粉内あるいは木粉間の空隙が樹脂で完全に充填されることなく、空隙が存在しており、空隙割合は粒度が大きくなるにつれて増加するであろうと推定された。これは、同一の

混練及びプレス条件で作製される混練複合材料の密度の調整が、配合されるのこ屑の粒度の選択により調節できる可能性を示す。

#### (2) のこ屑の粒度が強度に及ぼす影響

引張強さ、曲げ強さともに、粒度の小さい方が高い値を示し、大きくなると低下する傾向が認められた。引張強さについては粒度 600 で最低値を示し、150 及び P150 がほぼ同じ値で最大値を示した。曲げ強さについても同様の傾向を示して P150 で最大値を示し、425 以上は同程度の値を示した。

木粉粒度が大きくなるに従ってかさ密度が低下することから、等重量の PP と木粉を混練する場合、かさ密度が低いほどかさ高い木粉が混練されることになる。これによって粒度が大きくなるほど樹脂が充填されない空隙が増加するものと推定される。これらの空隙が PP と木粉との結合部分を減少させて材料内の欠損となり強度を低下させているものと考えられる。

#### (3) のこ屑の混合割合が混練複合材料の密度に及ぼす影響

粒度 150 ののこ屑を PP に対して 20~60%の間で変化させて混練したところ、混合割合 60%まで充填材として混練可能であった。この場合、木粉の混合割合が増加するにつれて密度は増加した。

#### (4) のこ屑の混合割合が混練複合材料の強度に及ぼす影響

引張及び曲げ強さは、木粉 20%の混練によって無添加の PP の値より低くなり、混合割合が増加するにつれてわずかに低下した。しかし、混合割合 20%の場合と 60%の場合の値には有意な差は認められなかった。

### 4. 粗粒度ののこ屑のボード化

粗粒ののこ屑を用いたボードの試作及び性能の検討を行った。

のこ屑は細長比が小さいため、成型が困難であった。常温圧縮用接着剤を塗布して予備圧縮を行った後、熱圧してボード化することにより、目標密度のボード製造が可能となった。

製造したボードの常態曲げ強さは、密度  $0.5\text{g}/\text{cm}^3$  で  $4.2\text{MPa}$ 、密度  $0.7\text{g}/\text{cm}^3$  で  $10.8\text{MPa}$ 、密度  $0.9\text{g}/\text{cm}^3$  で  $13.5\text{MPa}$  であり、密度に比例して直線的に強度が向上した。湿潤曲げ強さ、木ねじ保持力、はく離強さとも、密度に比例して直線的に向上した。厚さ膨潤率は、密度に関係なく 15 から 20%の値を示した。厚さ膨潤率は JISA 5908 に定められた基準より若干大きな値であった。

樹脂率を 5 部増加させることによって、曲げ強さ 20%、はく離強さ 40%、木ねじ保持力 20% 向上し、膨潤率は 6%低下した。

### 5. 総合的考察—のこ屑をエレメントとするボードの利用技術の展望—

以上の結果を基に、のこ屑を用いたボードの可能性について考察した。

分粒したのこ屑を何らかの形でボードにする場合の手法及び強度特性について明らかにした。のこ屑を分粒した素材をエレメントするボードの製造は十分できることが明らかになった。今後、さらにこれらの特性を改善して、種々の利用用途を開発する必要がある。

## 論文審査の結果の要旨

国産材の有効利用を図るためには、現在廃棄あるいは低価格で取引されている製材廃材の付加価値を高めていく必要がある。本論文では、家畜敷料、燃料、堆肥用などごく低価格で取引され、利用さ

れているのこ屑に注目して、その有効利用に関して新用途開発のための基礎研究を行ったものである。

のこ屑は、それぞれが不定形の小粒でかさ高であることなどから、比較的取り扱いにくい材料であるため、のこ屑をふるい分けすることにより各粒度の特徴をつかみ、それぞれの粒度に適したボードの製造方法を検討し、その可能性を明らかにした。また、のこ屑の排出量を推定することにより、今後の利用の可能性と発展性を明らかにした。

本論文の要旨は以下の通りである。

#### 1. 製材工場で排出される未利用残材

木材市場より任意に購入したスギ原木丸太の製材によって採取された製材品及び排出された未利用残材の体積割合は、製材品の占める割合が 47.1%で、排出される背板が 42.7%、樹皮が 8.2%、のこ屑が 1.9%を占めた。得られた結果から、鳥取県内で排出される樹皮、のこ屑の排出量は、樹皮約 14 千 $\text{m}^3$ 、のこ屑約 4 千 $\text{m}^3$ と推定された。

#### 2. スギの製材で排出されるのこ屑の特性

製材工場から得られたのこ屑をふるいにかけて粒度の分布と各粒度ごとの形状・嵩密度について検討した。分粒の結果 16 メッシュのふるいを通過した小粒度及び微粒度のこ屑は、全試料の約 80%であった。スギのこ屑にヒノキのこ屑が混合するとやや異なった粒度分布を示した。粒度区分された各粒度における辺長のモード及び平均値は、短辺長ではふるい目開きとほぼ同じであったが、長辺長ではふるい目開きの 1.5 から 3.0 倍であった。スギ木粉では、いづれの粒度区分においても長短度はほぼ 2.0 であったが、スギ・ヒノキ混合木粉では、粒度 300 までの細かい木粉で、粒度が小さくなるに従い長短度は大きくなった。かさ密度は、いづれの場合も粒度が細くなるにつれて増大し、粒度 150(50 メッシュパス、100 メッシュオン)で最大値を示した。

#### 3. 小粒度のこ屑とプラスチックとの混練による複合ボード化

ポリプロピレン (PP) とスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) のこ屑混練複合材料の密度と引張及び曲げ強さに及ぼす、木粉の粒度及び混合割合の影響について検討した。細かいのこ屑を用いるほど製造された混練複合ボードの密度は高くなった。それに伴い、引張強さ、曲げ強さともに、粒度の小さい方が高い値を示し、大きくなると低下する傾向が認められた。

粒度 150 ののこ屑を PP に対して 20~60%の間で変化させて混練したところ、混合割合 60%まで充填材として混練可能であった。この場合、木粉の混合割合が増加するにつれて密度は増加した。引張及び曲げ強さは、木粉 20%の混練によって無添加の PP の値より低くなり、混合割合が増加するにつれてわずかに低下した。しかし、混合割合 20%の場合と 60%の場合の値には有意な差は認められなかった。

#### 4. 粗粒度のこ屑のボード化

混練に適さない粗粒度のこ屑のパーティクルボード化について検討した。粗粒度のこ屑は細長比が小さいため、成型が難しいが、予備圧縮を行うことによって、目標密度のボード製造が可能となった。

ボードの物性は、密度に比例して直線的に向上した。厚さ膨潤率は、密度に関係なく 15 から 20 %の値を示した。樹脂率を 5 部増加させることにより物性は 20 %~40 %向上し、厚さ膨潤率は 6 %低下した。

## 5. 総合的考察ーのこ屑をエレメントとするボードの利用技術の展望ー

各粒度において製造されるボードの特徴を生かし、住宅用資材にとどまらず、屋外用として活用することにより木材利用の拡大が図られる。今後、さらなる用途開発が期待される。

以上のように、本論文はスギのこ屑の排出量の推定、粒度分布とその性状を明らかにし、微粒から粗粒ののこ屑まで系統的に利用することによる、新しいボード化新材料の開発への可能性を明らかにした貴重な研究であり、学位論文として十分な価値を有するものと判断した。